

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①2 **Offenlegungsschrift**  
①1 **DE 3925337 A1**

②1 Aktenzeichen: P 39 25 337.6  
②2 Anmeldetag: 31. 7. 89  
④3 Offenlegungstag: 7. 2. 91

⑤1 Int. Cl. 5:  
**H02K 9/08**

H 02 K 1/20  
H 02 K 1/32  
H 02 K 5/12  
F 04 B 35/04  
F 04 C 27/00  
F 04 D 13/08

DE 3925337 A1

⑦1 Anmelder:  
Loher AG, 8399 Ruhstorf, DE

⑦4 Vertreter:  
Lorenz, E.; Gossel, H., Dipl.-Ing.; Philipps, I., Dr.;  
Schäuble, P., Dr.; Zinnecker, A., Dipl.-Ing.;  
Jackermeier, S., Dr., Rechtsanwälte; Laufhütte, H.,  
Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anw., 8000 München

⑦2 Erfinder:  
Elender, Josef, Dipl.-Ing., 8399 Ruhstorf, DE; Seifert,  
Dieter, Prof. Dr.-Ing., 8398 Pocking, DE; Schmid,  
Josef, Schärding, AT

⑤4 Elektromotor

Ein Elektromotor besitzt ein Gehäuse (3), in dem ein Stator (10) angeordnet und ein Rotor (13) drehbar gelagert ist. Damit die Konstruktion eines derartigen Elektromotors einfacher und robuster ist und damit ein derartiger Elektromotor zur Verwendung als trockener Unterwassermotor besonders geeignet ist, ist im Stator (10) und im Rotor (13) jeweils mindestens ein in axialer Richtung verlaufender Kühlkanal (11, 14) derart vorgesehen, daß ein gasförmiges Kühlmedium in einem geschlossenen Kühlkreislauf (1, 2) geführt wird (Bild 2).

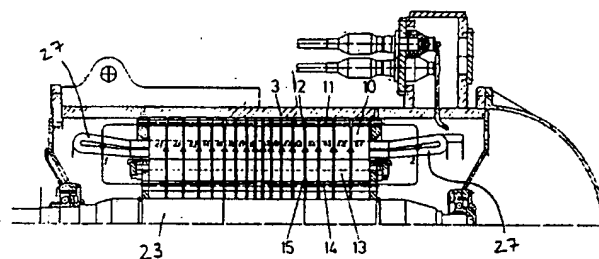


Bild 2

DE 3925337 A1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Elektromotor mit einem Gehäuse, in dem ein Stator (Ständer) angeordnet und ein Rotor (Läufer) drehbar gelagert ist.

Derartige Elektromotoren werden auch als Unterwassermotoren eingesetzt. Unterwassermotoren werden vorzugsweise in Verbindung mit Tauchpumpen zur Förderung von Wasser aus großen Tiefen eingesetzt. Man unterscheidet Unterwassermotoren nach ihrem Konstruktionsprinzip in trockene Unterwassermotoren, halbnasse Unterwassermotoren und nasse Unterwassermotoren.

Bei trockenen Unterwassermotoren ist der Motorinnenraum vollständig mit Luft gefüllt. Die Wellendurchführung dieses Motors muß für einen unter Umständen großen Differenzdruck zwischen innen (Luftdruck) und außen (Wasserdruck, entsprechend der Tauchtiefe) ausgelegt sein.

Bei halbnassen Unterwassermotoren dichtet ein sogenanntes Spaltrohr aus Edelstahl oder Kunststoff den Ständeraum mit den Ständerwicklungen gegen den meistens mit Wasser gefüllten Läuferaum ab. Über eine Membrane wird ein Druckausgleich zwischen dem Läuferaum und dem umgebenden Fördermedium erreicht. Eine druckdichte Wellenabdichtung ist deshalb nicht erforderlich.

Dies gilt auch für nasse Unterwassermotoren, die ebenfalls eine Druckausgleichsmembrane besitzen. Allerdings ist bei einem nassen Unterwassermotor der gesamte Motorinnenraum mit Wasser gefüllt, so daß auch die Ständerwicklung vom Wasser umgeben ist. Deshalb muß ein spezielles Isolationssystem verwendet werden.

Für die Förderung von Erdgas/Erdöl aus dem Meer erschließt sich dem Unterwassermotor ein völlig neues Anwendungsgebiet. Für das Antriebsaggregat (Unterwassermotor) ergeben sich gegenüber den bisherigen Anwendungen folgende grundsätzliche Unterschiede:

- Das Antriebsaggregat ist nicht im Fördermedium untergetaucht;
- das Fördermedium steht im allgemeinen unter einem anderen Druck als das das Antriebsaggregat (Unterwassermotor) umgebende Wasser;
- das Fördermedium kann gasförmig sein, weshalb die Pumpe durch einen Kompressor ersetzt werden muß;
- bei der Förderung von Gas unter hohem Druck ist eine Abdichtung der Wellendurchführungen nicht möglich. Aus diesem Grund wird Gas auch in den Motor gelangen. Dadurch steigt der Druck im Motor. Beim Einsatz eines nassen Unterwassermotors ist ein Druckausgleich über eine Membrane mit dem Druck des Meerwassers nicht möglich.

Das Problem, daß ein flüssiges Fördermedium wie beispielsweise Öl bzw. ein Öl-Gas-Gemisch in den Motor eindringt, kann man auf dem in der EP 02 97 274 A2 angegebenen Weg lösen. Das Eindringen von gasförmigem Fördermedium wie beispielsweise Erdgas kann dadurch jedoch nicht vermieden werden. Für die Erdgas-Förderung ist es daher naheliegend, einen trockenen Unterwassermotor zu verwenden.

Unterwassermotor und Kompressor müssen wegen des Differenzdruckes zwischen innen (Gasdruck) und außen (Wasserdruck) mit einem druckfesten Gehäuse ausgestattet sein. Ein derartiges Aggregat ist in der DE 37 29 486 C1 beschrieben. Der dort verwendete Hoch-

frequenzmotor wird durch das umgebende Meerwasser gekühlt. Außerdem wird dem Rotor des Motors über Kanäle gekühltes Gas zugeführt. Das Gas durchströmt den Motor von innen nach außen, wodurch die Wärme des Rotors und der Lager abgeführt wird.

Aus dem Lehrbuch "Konstruktion elektrischer Maschinen" von Eugen Wiedemann und Walter Kellenberger, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 1967, Seiten 155, 548, 549 ist die Durchströmung (Ventilation) eines Elektromotors zum Zwecke der Kühlung als solche bekannt.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen Elektromotor der eingangs angegebenen Art zu schaffen, dessen Konstruktion einfacher und robuster ist und der zur Verwendung als trockener Unterwassermotor besonders geeignet ist.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst. Im Stator und im Rotor ist jeweils mindestens ein in axialer Richtung verlaufender Kühlkanal derart vorgesehen, daß ein gasförmiges Kühlmedium in einem geschlossenen Kühlkreislauf geführt wird. Der Elektromotor erhält also zur Kühlung (Wärmeabfuhr) einen inneren geschlossenen Kühlkreislauf. Dadurch werden keine Kühlkanäle, die dem Motor von außen Gas zuführen, oder erwärmtes Gas von innen nach außen leiten, benötigt. Die Konstruktion des Motors wird dadurch einfacher und robuster. Der innere Kühlkreislauf wird durch einen Gasstrom realisiert, der an den heißen Motorteilen (Ständerwicklung, Ständerblech, Läuferwicklung, Läuferblech) Wärme aufnimmt und an kalte Motorteile Wärme abgibt. Es können auch Wärmetauscher vorgesehen sein, an die Wärme abgegeben wird. Das abgekühlte Gas strömt dann wieder zu den heißen Motorteilen, wodurch der Kreislauf geschlossen wird. Von den kalten Motorteilen wird die Wärme zunächst durch Wärmeleitung an das Motorgehäuse weitergeführt und von hier an das Meerwasser abgegeben. Das im geschlossenen Kühlkreislauf verwendete Gas kann Erdgas sein. Wegen fehlendem Sauerstoff gibt es keine Explosionsgefahr. Die Füllung des Elektromotors (trockenen Unterwassermotors) mit Gas für den geschlossenen Kühlkreislauf kann über die nicht gasdichte Wellendurchführung oder über Druckausgleichsleitungen geschehen. Der erfindungsgemäße Elektromotor ist zur Verwendung als trockener Unterwassermotor besonders geeignet, insbesondere zur Förderung von Erdgas aus dem Meer.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachstehend anhand der beigefügten Zeichnung im einzelnen beschrieben. In der Zeichnung zeigt

**Bild 1** ein Aggregat, bestehend aus Unterwassermotor, Kompressor und Getriebe,

**Bild 2** einen Längsschnitt durch einen Unterwassermotor mit einem Beispiel für den inneren Kühlkreislauf,

**Bild 3** ein weiteres Beispiel für einen inneren Kühlkreislauf (einflutiger Kühlkreislauf) und

**Bild 4** ein weiteres Beispiel für einen inneren Kühlkreislauf (Kühlung der Wickelköpfe).

Das in **Bild 1** gezeigte Aggregat besteht aus einem Unterwassermotor mit einem Motorgehäuse 3, einem Getriebe mit einem Getriebegehäuse 4 und einem Kompressor mit einem Kompressorgehäuse 5. Motorgehäuse 3, Getriebegehäuse 4 und Kompressorgehäuse 5 sind druckfest ausgeführt. Im Motorgehäuse 3 befindet sich der Motor 6, bestehend aus Stator (Ständer) 21

und Rotor (Läufer) 22. Die den Rotor 22 tragende Welle 23 ist im Motorgehäuse 3 drehbar gelagert. Im Getriebegehäuse 4 befindet sich das Getriebe 7, das mit der Kompressorwelle 24 des Kompressors 8 verbunden ist. Das Fördermedium, beispielsweise Erdgas, gelangt über den Einlaßstutzen 25 in Richtung des Pfeiles "in" in das Kompressorgehäuse 5, wo es vom Kompressor 8 verdichtet und über den Auslaßstutzen 26 in Richtung des Pfeiles "out" aus dem Kompressorgehäuse 5 ausgeleitet wird.

Außerhalb der Gehäuse 3, 4, 5 wirkt ein Druck entsprechend der Wassertiefe PW. Im Kompressor 8 gibt es den Einlaßdruck pin und den Auslaßdruck pout. Aufgrund der nicht gasdichten Wellendurchführungen 9 stellt sich im Getriebe 7 und im Motor 6 der Druck pin ein.

Bild 2 zeigt ein Beispiel für den inneren geschlossenen Kühlkreislauf. Innerhalb des Motorgehäuses 3 ist die den Rotor tragende Motorwelle 23 drehbar gelagert. Das Ständerblechpaket 10 besitzt axiale Kühlkanäle 11 und radiale Kühlkanäle 12. Das Läuferblechpaket 13 besitzt ebenfalls axiale 14 und radiale 15 Kühlkanäle. Durch diese Bauweise ergeben sich zwei geschlossene Kühlkreisläufe 1 und 2. Das Kühlmedium tritt jeweils in axialer Richtung nach innen in das Läuferblechpaket 13 ein. Es strömt dann in radialer Richtung nach außen. In den axialen Kühlkanälen 11 des Ständerblechpakets 10 strömt es jeweils von der Mitte weg axial nach außen. Nach Verlassen der axialen Kühlkanäle 11 des Ständerblechpakets 10 strömt das Kühlmedium in radialer Richtung nach innen durch die Wickelköpfe 27, wodurch die beiden Kühlkreisläufe geschlossen werden. Jeder der beiden symmetrisch verlaufenden Kühlströme 1 und 2 teilt sich durch die radialen Kühlkanäle in Teilströme 1.1 bis 1.8 bzw. 2.1 bis 2.8 auf. Der zur Durchströmung der Kanäle erforderliche Druck wird durch die Rotation der radialen Läuferkühlkanäle 15 erzeugt. Dieser Druck kann bei Bedarf durch in der Zeichnung nicht dargestellte, auf die Motorwelle 23 montierte Lüfter vergrößert werden.

Sowohl im Stator als auch im Rotor sind mehrere über den Umfang verteilte axiale Kühlkanäle vorgesehen, wobei diese axialen Kühlkanäle zweckmäßigerweise gleichmäßig über den Umfang verteilt sind. Die axialen Kühlkanäle besitzen vorzugsweise eine runde bzw. kreisrunde Querschnittsform. Es sind aber auch andere, von der Rundform abweichende Querschnittsformen möglich.

Die axialen Kühlkanäle 11 im Ständerblechpaket 10 verlaufen in der Nähe des Motorgehäusemantels 3. Das Kühlmedium kann dadurch besonders gut und effektiv gekühlt werden. Das Kühlmedium nimmt im Bereich des Rotors Wärme auf und gibt diese im Bereich des Stators ab. Außerhalb des Motorgehäuses 3 herrschen bei Verwendung des Elektromotors im kühlen Meerwasser tiefe Temperaturen. Je näher die axialen Kühlkanäle 11 im Ständerblechpaket 10 an den Motorgehäusemantel 3 herangebracht werden, desto besser ist die Kühlwirkung.

Das Kühlmedium kann aus einem Schutzgas, beispielsweise Stickstoff, bestehen. Es kann allerdings auch aus dem Fördermedium, beispielsweise Erdgas, bestehen; in diesem Fall sind Fördermedium und Kühlmedium identisch.

Bild 3 zeigt einen einflutigen Kühlkreislauf. Das auf der Motorwelle 23 befindliche Läuferblechpaket 13 besitzt lediglich axiale Kühlkanäle 14. Auch das Ständerblechpaket 10 besitzt lediglich axiale Kühlkanäle 11. Ra-

diale Kühlkanäle sind also weder im Ständerblechpaket 10 noch im Läuferblechpaket 13 vorhanden.

Bild 4 zeigt ein Ausführungsbeispiel mit Kühlung der Wickelköpfe 27. Für jeden der beiden Wickelköpfe 27 entsteht ein geschlossener Kühlkreislauf 29. Die Ventilatoren 28 sind derart ausgestaltet, daß die Kühlkreisläufe 29 erzeugt werden. In diesem Fall befinden sich die axialen Kühlkanäle 31 des Stators 11 lediglich im Bereich der Wickelköpfe 27, und zwar in dem Bereich radial außerhalb der Wickelköpfe 27 zwischen den Wickelköpfen 27 und dem Gehäusemantel 3. Die axialen Kühlkanäle 32 des Rotors 13 befinden sich außerhalb des Läuferblechpakets 13 in dem Bereich zwischen der Motorwelle 23 und den Wickelköpfen 27.

#### Patentansprüche

1. Elektromotor mit einem Gehäuse (3), in dem ein Stator (Ständer) (21, 10) angeordnet und ein Rotor (Läufer) (23, 22, 13) drehbar gelagert ist, dadurch gekennzeichnet, daß im Stator (10) und im Rotor (13) jeweils mindestens ein in axialer Richtung verlaufender Kühlkanal (11, 31; 14, 32) derart vorgesehen ist, daß ein gasförmiges Kühlmedium unter hohem Druck in einem geschlossenen Kühlkreislauf (1, 2; 29) geführt wird.
2. Elektromotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im Stator (10) und/oder im Rotor (13) mehrere über den Umfang verteilte axiale Kühlkanäle (11, 31; 14, 32) vorgesehen sind.
3. Elektromotor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die axialen Kühlkanäle (11, 14) eine runde, vorzugsweise kreisrunde, oder eine andere, Querschnittsform aufweisen.
4. Elektromotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß im Stator (10) und/oder im Rotor (13) radiale Kühlkanäle (12, 15) vorgesehen sind.
5. Elektromotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die axialen und/oder radialen Kühlkanäle (11, 14, 31, 32; 12, 15) im Ständerblechpaket (10) und/oder im Läuferblechpaket (13) und/oder zwischen Kurzschlußringen und Paket und/oder in den Wickelköpfen (27) vorgesehen sind.
6. Elektromotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die axialen und/oder radialen Kühlkanäle (11, 31; 12) im Stator (10) zumindest teilweise in der Nähe des Motorgehäusemantels (3) verlaufen.
7. Elektromotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kurzschlußkäfigstäbe derart angeordnet sind, daß durch die Drehung des Rotors (13) der für den Kühlkreislauf erforderliche Druck erzeugt wird.
8. Elektromotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß vorzugsweise auf dem Rotor (13, 23) bzw. auf der Motorwelle mindestens ein Lüfterflügel (28) zum Erzeugen des Drucks für den Kühlkreislauf angeordnet ist.
9. Elektromotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Leiteinrichtungen zur definierten Führung des Kühlkreislaufs vorgesehen sind.
10. Elektromotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die axialen und/oder radialen Kühlkanäle (11, 14, 31,

32; 15) derart angeordnet sind, daß mehrere geschlossene Kühlkreisläufe (1, 2; 29) entstehen.

11. Elektromotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzliche Wärmetauscher angebracht sind.

12. Elektromotor nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmetauscher vorzugsweise am gesamten Umfang des Gehäusemantels (3) über den Wickelköpfen (27) und/oder zwischen Wickelköpfen und Lagerschilden und/oder an der Innenseite einer bogenförmigen Abschlußhaube (Bild 2) angebracht sind.

13. Elektromotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß er ein Asynchronmotor ist.

14. Elektromotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (3) des Motors druckfest ausgeführt ist für einen Gasdruck innerhalb des Gehäuses, der größer sein kann als der Wasserdruck außerhalb des Gehäuses.

15. Elektromotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Lagerschilde Druckausgleichsöffnungen aufweisen, so daß durch einen hohen Druckunterschied keine Lagerbelastung auftritt.

16. Elektromotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Kühlmedium aus einem Schutzgas, beispielsweise Stickstoff, besteht.

17. Aggregat, bestehend aus einem Elektromotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche und einem Förderer, beispielsweise einer Pumpe oder einem Kompressor (8).

18. Aggregat nach Anspruch 17, gekennzeichnet durch ein Getriebe (7) zwischen Pumpe bzw. Kompressor (8) und Motor (6).

19. Aggregat nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Fördermedium, beispielsweise Erdgas, auch das Kühlmedium ist.

20. Aggregat nach einem der Ansprüche 17 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß es druckfest ausgeführt ist.

21. Aggregat nach einem der Ansprüche 17 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Wellendurchführungen (9) und/oder die Lagerabdichtungen nicht gasdicht ausgeführt sind.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

— Leerseite —

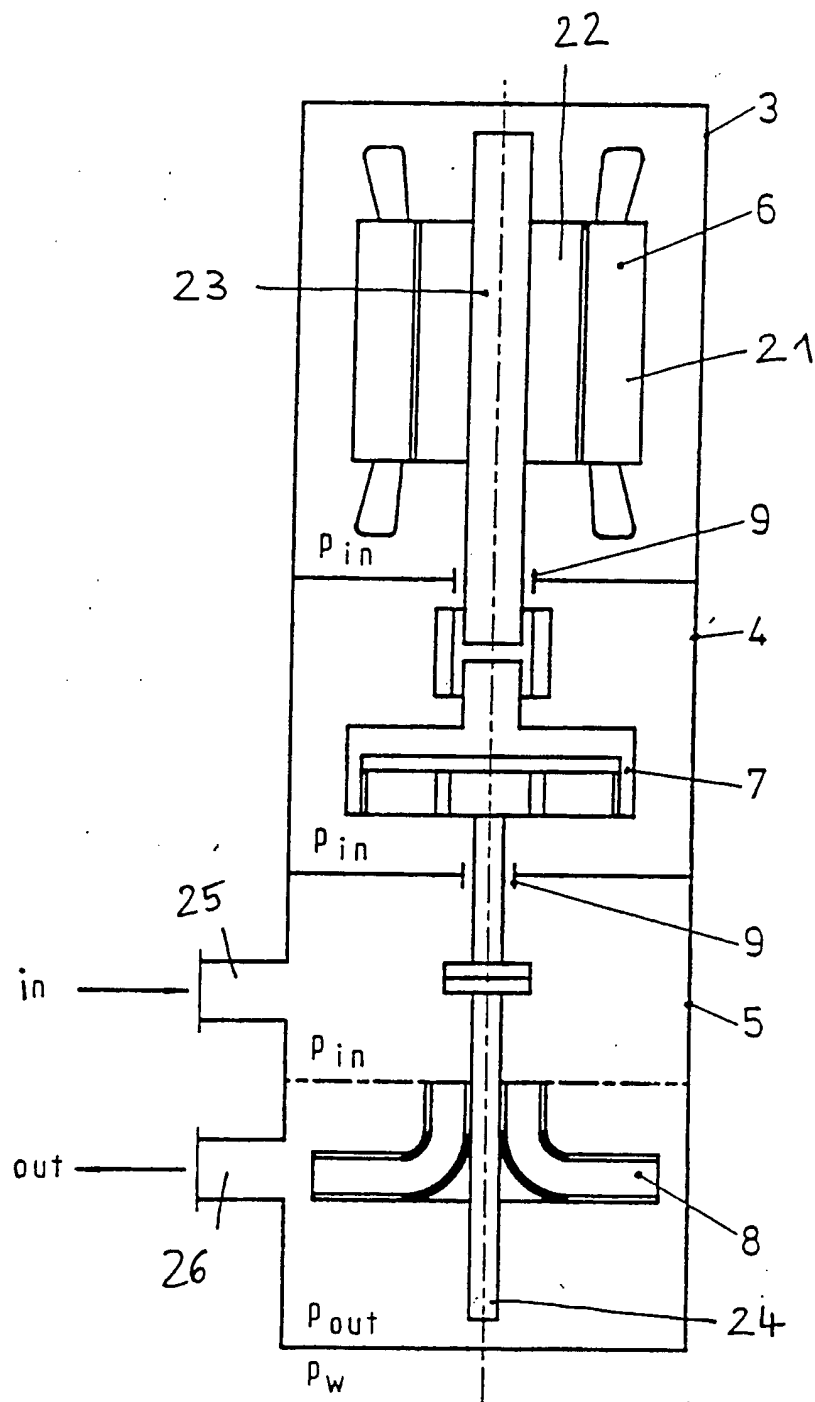
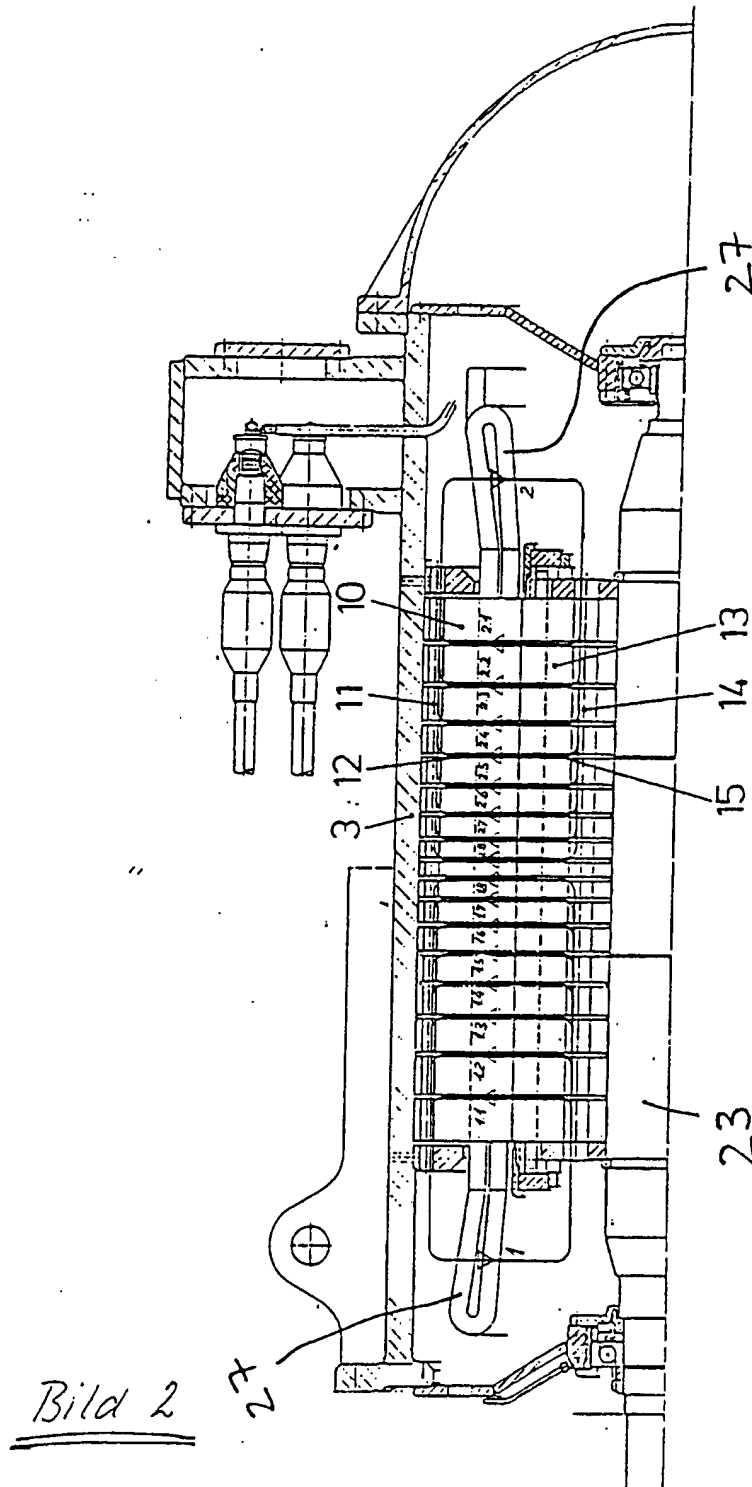


Bild 1



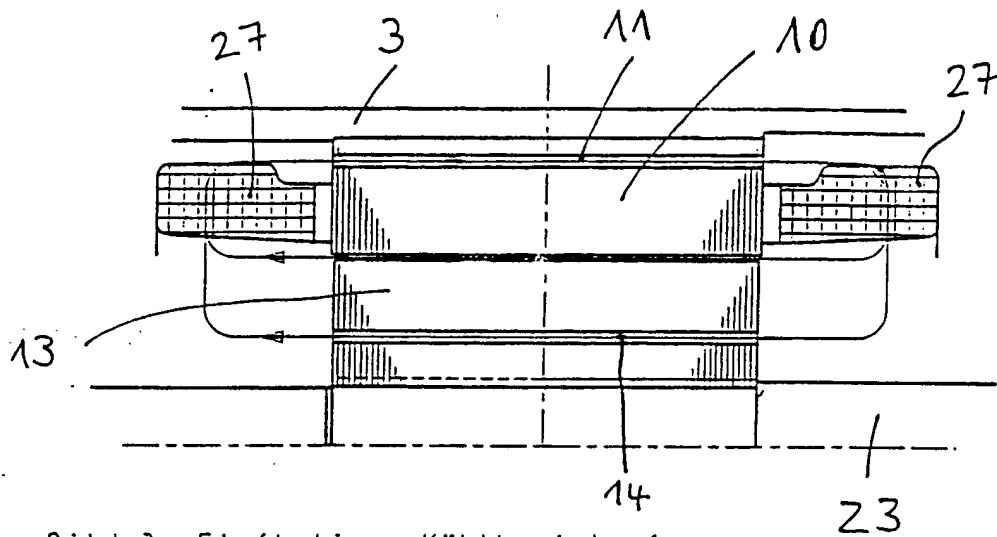


Bild 3: Einflutiger Kühlkreislauf

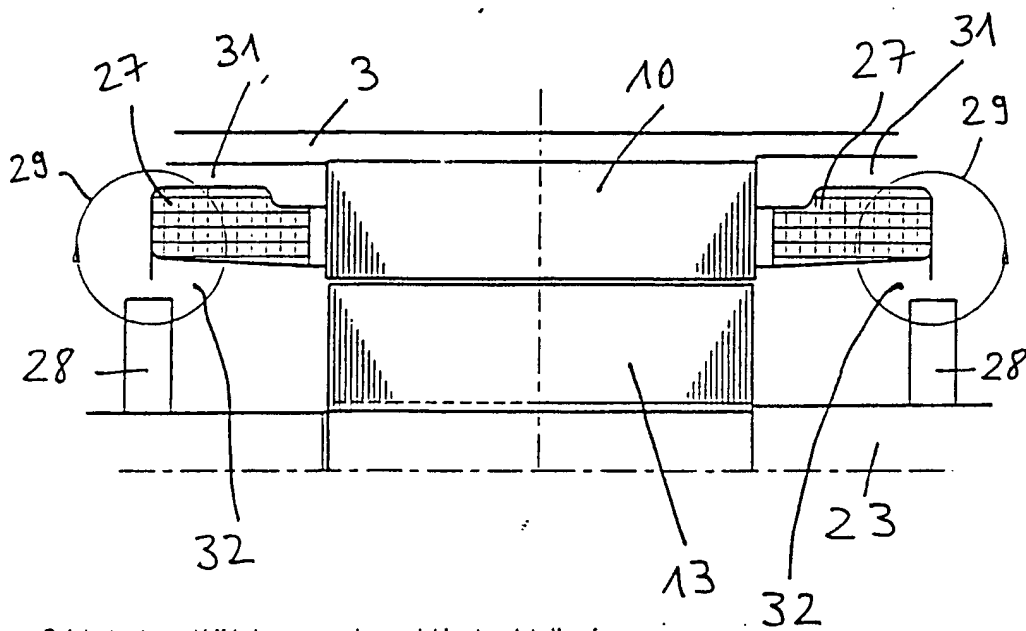


Bild 4: Kühlung der Wickelköpfe